

Formación científica y desarrollo de competencias para la investigación experimental en las ciencias agrícolas

Scientific training and skills development for agricultural research in experimental sciences

Manuel Villarruel Fuentes

Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

dr.villarruel.fuentes@gmail.com

Resumen

La formación científica del estudiante de agronomía tradicionalmente ha estado arraigada en los modelos conductista que vinculan su quehacer profesional al desarrollo de habilidades y destrezas tecnológicas, con claros tintes pragmáticos y utilitaristas. Bajo este contexto, las instituciones de educación superior en América Latina, y particularmente en México, no han sabido aportar abordajes modélicos que faculten el tránsito inteligente hacia mejores formas de intervención didáctica, en busca de reorientar la formación científica del estudiante, lo que eventualmente permita dotar a los maestros de los fundamentos para alfabetizar científicamente a los futuros profesionales de las ciencias agrícolas. Atendiendo esta necesidad, el presente capítulo expone los resultados obtenidos en la aplicación de una propuesta didáctica constructivista relacionada con la alfabetización científica del estudiante de ciencias agrícolas. Registrada a lo largo de 11 años, se presentan los resultados encontrados al desplegar las estrategias dirigidas al logro positivo del aprendizaje significativo, a partir del desarrollo de metahabilidades para el razonamiento crítico y creativo, componentes del pensamiento científico y de una educación para la vida.

Palabras clave. Ciencias agrícolas, enseñanza, aprendizaje, sostenible.

Abstract

The scientific training of agronomy student has traditionally been rooted in behavioral models linking their professional work skills development and technology skills, with clear tints pragmatic and utilitarian. In this context, institutions of higher education in Latin America, particularly in Mexico, have failed to provide exemplary approaches that empower the intelligent traffic towards better forms of educational intervention, seeking to refocus the scientific training of the students, which will eventually allow teachers provide the foundation for scientifically literate future professionals in agricultural sciences. In response to this need, the chapter presents the results of applying a constructivist teaching proposal regarding student scientific literacy of agricultural sciences. Recorded over 11 years, the results found when deploying strategies aimed at positive achievement of meaningful learning, from the development of meta-skills for critical and creative thinking and scientific components of education for life reasoning are presented.

Keywords. Agricultural science, teaching, learning, sustainable.

Fecha recepción: Junio 2011

Fecha aceptación: Octubre 2011

LOS FUNDAMENTOS DE UNA NUEVA VISIÓN EDUCATIVA PARA LAS CIENCIAS AGRÍCOLAS

La ciencia es un proceso virtuoso, aunque plagado de estigmas e interpretaciones icónicas. De certezas tan claras que retan la inteligencia y el sentido común del ser humano. Ello define sus rumbos y pone en relieve sus metas... pero también sus sombras y claroscuros.

Ante semejante investidura puede parecer la más inmutable de las tareas, la más colosal de las incógnitas, el más sofisticado de los recursos, el más retador de los deberes. Nada tan lejano de ello.

La ciencia vista desde dentro se muestra como el fiel reflejo de aquello que puede ser, de lo que se insinúa detrás del espejo. Es mirada que se pierde en el detalle de lo ajeno, de lo lejano, de lo que tiene forma y puede cambiar. Realidad que al momento de ser, se transforma en proemio de lo que necesita ser negado para continuar existiendo.

A la postre, la ciencia no sólo es juicio que busca camino para expresarse, sino talento que imagina y recrea escenarios para la vida.

Manuel Villarruel Fuentes

Bajo los actuales modelos educativos definidos como necesarios para el nivel superior en el mundo, tanto a nivel universitario como tecnológico, se destaca por su amplio consenso internacional la vertiente que señala como ineludible la formación científica del educando, sobre todo ahora que la humanidad se encuentra inmersa en la llamada Década de la Educación Para el Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es que toda la educación, tanto formal como informal, proporcione atención a la caótica situación que se vive en el mundo y favorezca una percepción correcta de los diversos problemas que éste enfrenta, así como permita encontrar posibles soluciones, a la vez que promueve actitudes y conductas favorables para el logro de un verdadero futuro sostenible. De acuerdo con Vilches et al., (2005) no se puede atender la amplia gama de problemas sólo con pensar en el ámbito local, ya que es bien sabido que existen profundas interacciones entre los fenómenos (sistemas); pero son los propios autores quienes plantean una pregunta que resulta clave para entender el presente enfoque: ¿En qué medida la educación científica y tecnológica contribuye a un futuro sostenible?

Esta simple interrogante, pone en la mesa de análisis el hecho de que la educación científica no se trata tan sólo de un requisito emanado de simples modas de inicio de milenio, sino de una verdadera política de cobertura mundial, cuyo sustento centra sus cimientos en amplios consensos internacionales, tales como el alcanzado en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, donde se hace hincapié en lo importante de atender las necesidades de la población, dotándola de los medios e instrumentos que le lleven a lograr una verdadera alfabetización científica, la cual por sí misma logre potenciar el desarrollo humano (Gil-Pérez y Vilches, 2006), al concebirla como un imperativo estratégico (Declaración de Budapest, 1999). La idea central gira en torno a una añeja aspiración que desde fines del siglo pasado continúa como una asignatura pendiente: la estructuración y el fomento de diseños curriculares holistas para la formación educativa integral, conducidos a través de procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y la tecnología.

Diversos referentes señalan la necesidad de transformar la realidad actual de los países en desarrollo, los cuales durante la última mitad del siglo XX centraron sus modelos educativos exclusivamente en el adiestramiento de sus ciudadanos para el uso de la tecnología, lo que transformó a la ciencia en una retórica cargada de aforismos que fueron

repetidos en el discurso educativo oficial y plasmado en cartas descriptivas denominadas programas de estudio. En este sentido se destacan los planteamientos de la National Science Education Standards, auspiciados por el National Research Council (1996), donde se enfatiza en la natural libertad y derecho que tiene toda persona de usar la información científica disponible, de entender desde sus auspicios y marcos referenciales lo que ocurre en el entorno mediato e inmediato, de comprometerse con la transformación que conlleva sus enfoques, de renunciar a ser simple espectador de la realidad (cuya constante suele ser el cambio), para convertirse en protagonista de su tiempo. Idearios que siguen vigentes después de más dos décadas.

Sin embargo, pese a todos los esfuerzos por hacer de la educación superior un espacio propicio para el desarrollo de los conocimientos, las habilidades, destrezas y actitudes que permitan consolidar la alfabetización científica y tecnológica requerida, estas iniciativas sólo han servido para evidenciar de manera clara y contundente el enorme rezago que se padece (Vázquez-Alonso et al., 2005). Lo que a la entrada del presente siglo ha llevado a cuestionar la validez de la educación escolar, incluso de la propia escuela como institución social.

La explicación a dicho fracaso ha sido enfocada desde varias perspectivas, lo que justifica que algunas personas sitúen la génesis del fenómeno en una educación básica deficiente (Fourez, 1997, 2002). Sin entrar en detalles sobre este particular, se debe considerar que aunque las mayores dificultades se localizan en los países en vías de desarrollo (Latinoamérica es un claro ejemplo), la problemática persiste aún en aquellos catalogados como altamente industrializados (Vázquez-Alonso et al., 2005). Dicha crisis en la educación científica global no puede ser explicada en coordenadas simples, dado que involucra diversos componentes de carácter político, económico, social, e incluso cultural, que brindan matices al contexto de ejecución y concreción de los modelos curriculares en operación, muchos de los cuales a pesar de encontrarse correctamente fundamentados en sus diseños conceptuales, no han logrado modificar sustancialmente la realidad educativa, lo que les convierte en proyectos fallidos.

Entre los factores que más se vinculan con la problemática se destacan los siguientes: 1) una proporción importante de docentes con escasa formación científica, los cuales se encuentran a cargo de impartir los cursos o asignaturas relacionadas con la ciencia. Esto

suele llevar a la percepción de que no se requiere una alfabetización científica para incursionar en dicha área; 2) docentes con sólida formación científica-tecnológica, con experiencia suficiente, pero sin actitud para la función docente (Villarruel, 2002); 3) planes de estudio sin una sólida estructura curricular y sin la transversalidad que el currículum científico requiere; 4) desarrollo de una práctica educativa sustentada en posturas conductistas y enciclopédicas, desligadas de la realidad y centradas en el paradigma de la enseñanza (repetición de hechos y eventos científicos, leyes y teorías); 5) fomento de una imagen de la ciencia dogmática y rutinaria, construida desde ingenuas posturas epistemológicas, las cuales convierten el proceso de aprendizaje en un evento aburrido e irrelevante; 6) estrategias didácticas que llevan a la desarticulación de los grupos de estudiantes, quienes no cultivan el aprendizaje cooperativo; 7) evidencia de factores culturales, los cuales suelen constituirse como limitantes ideológicos y sociales que obstaculizan la continuidad de los procesos de formación científica-tecnológica. Un ejemplo lo representa el hecho de que las mujeres suelen tener actitudes más negativas respecto a la ciencia y tecnología que los hombres (Acevedo, 2005; Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005), aunque ello depende de las áreas de conocimiento de que se trate.

Esto trae como consecuencia que los estudiantes no logren relacionar el aprendizaje de la ciencia con sus formas y modos de vida, lo que les lleva a pensar que nada tiene que ver con las asignaturas que cursan en su carrera (ética, desarrollo sustentable, lenguaje y redacción, administración, etc.), fijándose en ellos la idea de que sólo sirve para poder investigar, o bien que se trata de teoría desprovista de práctica, sin lograr dimensionar las ventajas de una alfabetización científica. El resultado se muestra obvio: indiferencia e incluso rechazo a recibir este tipo de educación, bajo el argumento de que lo se necesita para ser un buen profesionista es práctica. Pasan por alto que la práctica sin la teoría convierte a la educación en un acto de simple adiestramiento, y a la ciencia en una falacia instrumentalista.

Al referir a la educación científica como una necesidad que sobrepasa el ámbito de las Instituciones de Educación Superior (IES), para situarse en el seno de la propia cultura, necesariamente se tiene que traer a escena los objetivos de la corriente denominada Ciencia, Tecnología y Sociedad, la cual exige ampliar el espectro de los propósitos de dicha educación, lo que permite pensar su articulación curricular en torno a la discusión

permanente de problemas socio-técnicos reales (Vázquez et al., 2006) y al nivel de su impacto en la sociedad y la educación; para lo cual se debe explicitar en términos de su desarrollo histórico, su fundamento epistemológico y su perfeccionamiento cognitivo y metacognitivo, procedimental (prácticos) y actitudinal (axiológico). En este último aspecto debe recaer el mayor peso didáctico, ya que en él se concreta la conducta del futuro investigador, al evitar el desinterés que los estudiantes suelen manifestar, motivándolos a que mantengan la curiosidad y mejoren su rendimiento con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica (sentido de pertenencia), no sólo a lo largo del período escolar, sino también a lo largo de toda la vida (Fensham, 2004).

Finalmente, el tránsito hacia un paradigma que privilegia la ciencia para todos, debe considerar los siguientes componentes (adaptado de Fensham, 1985 y Garritz, 2006): a) los contenidos poseerán una obvia e inmediata relevancia social y personal para los aprendices, al partir de lo que ya saben, así como de su experiencia previa a la escuela. Esto supone iniciar de sus preconcepciones acerca de la ciencia, la realidad y los criterios de verdad por ellos empleados (epistemología popular, saberes pedagógicos previos); b) las habilidades prácticas y el conocimiento adquirido deberán estar relacionados con criterios de logro o metas que todos los aprendices puedan alcanzar. Esto es, deberán relacionarse con los avances sustantivos que se vayan obteniendo en el proceso de formación científica, a fin de asegurar el aprendizaje significativo; c) los contenidos y estrategias serán visibles constantemente, a fin de que el estudiante pueda refinar los componentes de su aprendizaje. El aprendiz debe percibir con claridad sus avances en el proceso de alfabetización científica, en busca de que su compromiso con él sea cada vez mayor; d) la pedagogía empleada deberá incorporar toda la serie de demostraciones (modelados) y prácticas que son inherentes a las ciencias y al aprendizaje cultural (socialmente construido), sin soslayar aquel que se obtiene en forma previa (preconociones); e) el aprendizaje de habilidades prácticas, cognitivas y metacognitivas surgirá como consecuencia de la relevancia y significación de los tópicos de la ciencia. Esto requiere de una particular atención al trabajo colaborativo y cooperativo, encaminado a la gestión y negociación de saberes; f) la evaluación reconocerá, como ya se señaló, todos los conocimientos previos que los aprendices tienen sobre la ciencia, así como sus logros posteriores, señalados en los objetivos que integren el currículo científico.

Los incisos b, d y e dejan abierta la posibilidad de prestar una especial atención a los abordajes experimentales, los incisos a, c y f ponen en relieve la individualidad y la necesaria integración de los grupos.

Al tomar como referencia lo señalado por Garritz (2006), toda propuesta de innovación educativa debe ser depositaria de los preceptos del constructivismo, ya que con ello se asegura una visión que trasciende la simple definición psicologista. Al respecto se debe aclarar que se trata no sólo de una teoría del aprendizaje, sino además de una filosofía de la ciencia y de la educación, una verdadera concepción del mundo (*weltanschauung*) "...al ofrecer una perspectiva global del significado de la aventura humana, sobre el modo en que los seres humanos imparten significado a la totalidad de su existencia en orden a sobrevivir y adaptarse..." (Pépin, 1998).

Cabe destacar que al ser el constructivismo una percepción de la realidad, la cual se integra por visiones disímboles y a veces encontradas (el cognoscitivismo, la psicología genética, la psicología del aprendizaje significativo o la escuela socio-histórica, sin descartar los postulados de Vygotsky), desde el cual se asume que el conocimiento no es algo dado y listo para ser usado, sino que se integra a partir de la interacción socio-cultural, de la sinergia colectiva, donde la negociación de significados cobra radical importancia, es que puede ser pensado como una teoría del conocimiento, que da cuenta de la constitución de la ciencia, donde la producción de conocimientos individuales y la práctica de las ciencias son procesos íntegramente sociales.

Es así como se acepta que la mejora de los procesos de aprendizaje requiere de la ayuda educativa que el maestro-mediador le pueda ofrecer al aprendiz de ciencia, con el objetivo de potenciar su trabajo autónomo y autorregulado, cuya finalidad es mejorar la red de significados y las conexiones conceptuales que suelen ponerse en juego cuando se construye el conocimiento. Ambos elementos se consideran íntimamente relacionados y mutuamente interdependientes (Coll et al., 2006). Este apoyo proporcionado tiene la meta de transferir, del maestro al estudiante, el control y la responsabilidad sobre el aprendizaje (Coll et al., 1995), lo cual involucra la promoción de su autonomía y autorregulación.

La asistencia al proceso de aprendizaje del estudiante, de acuerdo con Coll et al., (2006), debe estar basada en el seguimiento sistemático y continuado de su progreso, y tiene

necesariamente que incluir formas de apoyo y soporte muy diversas en función del momento del proceso y de las necesidades de los estudiantes (no siempre las mismas).

Bajo la concepción de este renovado trabajo educativo, la concreción de los objetivos precisa de un diseño acorde a cada contexto de actuación, donde el trabajo colaborativo sea privilegiado. Para lograrlo se debe propiciar una interdependencia positiva en el trabajo cotidiano de los miembros del colectivo, una interacción directa cara a cara, una enseñanza de competencias sociales efectivas en la interacción grupal (no sustitutas de las ya existentes), un seguimiento constante de la actividad desarrollada y una evaluación integral individual y grupal (Johnson, Johnson y Holubec, 1994), dirigidas a lograr que los estudiantes se sitúen de manera asertiva frente a las demandas y problemáticas típicas que recibe un profesional de parte de su campo de actuación profesional, asumido como su espacio de acción natural, psicológica y socialmente operable para ellos.

Un aspecto que se debe incluir en toda la propuesta es la de potenciar la motivación dentro del grupo de trabajo, en busca de lograr que la calidad de la relación entre los miembros, la ayuda mutua, la estima, el afecto (estos últimos modulados por el capital emocional de los protagonistas) y el éxito alcanzado, sean los que determinen una motivación intrínseca y correlativa de todos los aprendices.

Las estrategias didácticas empleadas buscarán conceptualizar el aprendizaje como un proceso de construcción de significados y de atribución de sentido a los contenidos y tareas realizadas, lejos de la simple rutina a la que ordinariamente son sometidos los aprendices de ciencia. Dichas tareas didácticas y prácticas pedagógicas atenderán el análisis de casos y resolución de situaciones-problema in situ e in vivo. Para ello se propone articular la teoría con la práctica, pero no en el sentido tradicional, sino imbricando la enseñanza y el aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Esto exige se supere el arreglo instruccional propio de los programas de estudio tradicionales (currículum institucional), los cuales hacen una clara diferenciación de las horas teoría y horas prácticas, en la búsqueda de convertir (para este caso), a todas en teórico-prácticas, al abordar el conocimiento teórico a partir de su uso en la resolución de casos y situaciones problemáticas. El sentido de la negociación de saberes, propio de estas estrategias, se aborda como una habilidad (unidad) de competencia a desarrollar.

En lo concerniente a la metacognición, el abordaje de la propuesta recupera los planteamientos de Flavell (1979), en el sentido de brindar atención tanto a la persona, como a las tareas y estrategias, así como a la forma cómo estos factores interactúan durante el proceso cognitivo y en el de aprender a aprender. Sin embargo, es conveniente agregar dos componentes más: los materiales (Brown et al., 1981), los que en materia de ciencias agrícolas son de importancia toral, ya que en ellos recae la actividad cognoscitiva y metacognoscitiva, y el contexto, para este momento alusivo a los escenarios de aprendizaje. Todos ellos relacionados con el contenido, componente ya señalado con anterioridad.

En este punto cabe destacar la necesidad de propiciar en el estudiante el conocimiento declarativo orientado al saber qué, el conocimiento procedimental encaminado al saber cómo (Flavell, 1985), y el conocimiento condicional encauzado al saber cuándo y para qué utilizar una determinada estrategia (Paris et al., 1983). Tampoco se debe perder de vista que existe una clara diferencia entre el conocimiento metacognitivo y la actividad metacognitiva, esta última concerniente a la relación entre conciencia y metacognición (Peronard, 1999). Se entiende que al encontrarse involucrada la conciencia dentro de la actividad metacognitiva, el estudiante a partir de ella puede supervisar sus procesos (en el subconsciente) y monitorear su regulación, lo cual incluye la aplicación de estrategias antes, durante y después de la actividad o tarea (pre-instruccionales, instruccionales y pos-instruccionales). Al respecto debe aclararse que aunque existe evidencia que demuestra que una parte de la actividad cognitiva puede efectuarse a un nivel no-consciente, no se debe pasarse por alto que los sujetos más efectivos en su adaptación al medio (contexto de actuación) son los que tienen mayor nivel de conciencia de sus propios procesos mentales, es decir poseen un nivel mayor de habilidades metacognitivas (tal como lo afirman Reeve y Brown, 1985). Alcalay y Simonetti (1992) aclaran sobre el particular que el desarrollo de una progresiva habilidad del sujeto para controlar sus procesos cognitivos condiciona el incremento de sus habilidades de adaptación, lo cual faculta entre otras cosas la integración del sujeto dentro del colectivo, lo que favorece la constitución de comunidades de diálogo y aprendizaje.

A estas alturas es fácil identificar cómo en los esquemas de trabajo educativo tradicional, los esfuerzos están dirigidos al dominio de contenidos, bajo el supuesto de que un sólido capital de saberes garantiza por sí mismo el desarrollo potencial de la persona. Sin

embargo, aunque el conocimiento es esencial para el desarrollo del pensamiento (Nickerson, 1988), no existe evidencia confiable que demuestre que acumular conocimiento garantice el desarrollo del pensamiento crítico y creativo. Así lo demuestran los resultados de las investigaciones realizadas por Glaser (1984), Perkins (1985) y Whimbey (1985) (citado por Ponce-Torres, 2006), quienes afirman que existe una gran cantidad de personas que pese a cursar estudios formales, incluso universitarios, no logran desarrollar un pensamiento crítico; es decir, no existe un impacto directo de la escolarización sobre el desarrollo de las habilidades para este tipo de pensamiento. Como es obvio, estos modelos escolares tradicionales se encuentran lejos del pensamiento analógico y metafórico.

Para lograr lo anterior, se requiere diseñar estrategias y conducir acciones dirigidas al logro efectivo de habilidades cognitivas y metacognitivas, en busca de que éstas estén presentes en cada una de las tareas didácticas y prácticas pedagógicas diseñadas y coordinadas por el maestro-mediador.

Para finalizar se debe enfatizar en que la inclusión permanente del estudiante en tareas conceptuales, procedimentales (heurísticas) y actitudinales (axiológicas) estrechamente vinculadas a sus habilidades de investigación, permitirá el tránsito inteligente y creativo, de un pensamiento pasivo o receptivo, hacia uno activo o reflexivo, eje principal de una propuesta vista como proceso. A partir de aquí es posible pensar en alcanzar la interactividad deseada dentro de los colectivos académicos.

EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA EN EL CAMPO DE LA AGRONOMÍA

La agronomía como ciencia, es concebida actualmente como una profesión cuya meta principal es el incremento de la producción agrícola y pecuaria, y muy recientemente acuícola y pesquera, asociada particularmente al mejoramiento del nivel de vida de la población rural. Sin embargo, es necesario señalar que desde sus inicios a mediados del siglo XIX, como campo de conocimiento ha enfrentado diversos cuestionamientos, el más severo es aquel que la sitúa como una de las causas de los graves problemas medioambientales.

Con sus modelos teóricos y abordajes metodológicos ha incidido de manera directa en la explotación de los recursos naturales, vistos desde esta disciplina de conocimiento como insumos que deben ser aprovechados para satisfacer las necesidades de una población demandante de alimentos. Sus cosmovisiones pragmáticas y utilitaristas, consolidadas desde la Revolución Verde, han definido las tradicionales relaciones entre el hombre y la naturaleza, sin que exista a la fecha un verdadero enfoque de sustentabilidad que reoriente su misión y visión a futuro.

Es así que en América Latina la agronomía se ha conducido bajo un denominador común, el sentido tecnológico y científico de sus esquemas de operación, los cuales parecen justificar cualquier intervención sociocultural, económica, ecológica, política y desde luego productiva que se haga en busca de alcanzar sus fines. Ello ha propiciado que las universidades y tecnológicos encuentren en estas premisas las formas y los medios para ordenar sus propuestas académicas, en busca de alinear los intereses de la profesión con la función educativa de estas instituciones, en estricto apego a las exigencias sociales.

Con base en ello "...la mayoría de los profesionales de la agricultura han sido formados desde una perspectiva disciplinaria y atomística con una marcada especialización..." (Castaños y Romero, citados por Victorino y Quispe-Limaylla, 1998). Por estas razones actualmente se observa como programas y planes de estudio se encuentran cargados de aforismos a los que llaman ciencia, vislumbrándose una relación lineal entre ésta y la tecnología, legado de las cosmovisiones decimonónicas de corte empírico-analítico. Este hecho propicia que todavía se piense que la tecnología es ciencia aplicada o que no se distinga entre educación ambiental para la sustentabilidad y desarrollo sustentable.

Sin un currículo que propicie una adecuada alfabetización científica en el estudiante de agronomía, y principalmente sin una didáctica que le acompañe, el futuro de la carrera parece estar destinada a formar egresados con habilidades prácticas y destrezas tecnológicas, que hablan acerca de la ciencia, pero no en ella o desde ella.

Entre los factores que más se vinculan con la problemática señalada se destacan los siguientes: 1) una proporción importante de docentes con escasa formación científica, los cuales se encuentran a cargo de impartir los cursos o asignaturas relacionadas con la

ciencia. Esto suele llevar a la percepción de que no se requiere una alfabetización científica para incursionar en dicha área; 2) docentes con sólida formación científica-tecnológica, con experiencia suficiente, pero sin actitud para la función docente (Villarruel, 2002); 3) planes de estudio sin una sólida estructura curricular y sin la transversalidad que el currículum científico requiere; 4) desarrollo de una práctica educativa docente sustentada en posturas conductistas y enciclopédicas, desligadas de la realidad y centradas en el paradigma de la enseñanza (repetición de hechos y eventos científicos, leyes y teorías); 5) fomento de una imagen de la ciencia dogmática y rutinaria, construida desde ingenuas posturas epistemológicas, las cuales convierten el proceso de aprendizaje en un evento aburrido e irrelevante; 6) estrategias didácticas desplegadas por los docentes que llevan a la desarticulación de los grupos de estudiantes, quienes no cultivan el aprendizaje colaborativo; 7) evidencia de factores culturales, los cuales suelen constituirse como limitantes ideológicos y sociales que obstaculizan la continuidad en los procesos de formación científica-tecnológica.

En esta vertiente es posible señalar la necesidad de considerar los saberes previos o preconcepciones que poseen los estudiantes, quienes en calidad de aprendices despliegan metodologías difusas a partir de estos marcos interpretativos, sin que ello tenga que representar un obstáculo a su proceso de cambio conceptual, o más aún, a la evolución conceptual que debe guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ello supone abandonar la vieja práctica de desacreditar los saberes y procedimientos de los estudiantes, en busca de contar, en un sentido metafórico, con una pizarra en blanco, sin considerar que los estudiantes poseen saberes pedagógicos previos, los cuales les prescriben cómo debe enseñarse, qué debe aprenderse, dónde y cómo debe hacerse y sobre todo, quién debe enseñar; incluso llegan a indicarles el sentido y naturaleza de los metacontenidos que deberán ser abordados. Si bien esto puede representar un reto para el maestro sin experiencia y formación didáctica, quien tiene serios problemas para generar el andamiaje necesario, lo ideal es que a partir de ellos se configure el nuevo aprendizaje. Esto es particularmente innegable en los estudiantes de agronomía, quienes generalmente proceden de zonas rurales, donde las prácticas de campo les dotan de un caudal importante de destrezas y conocimientos prácticos.

Con base en lo anterior, en el presente capítulo se plantea el diseño de un modelo para emprender la formación científica del estudiante de agronomía, en busca de orientar el abordaje didáctico de dicha disciplina de conocimiento. Es válido insistir en que dicho modelo ha sido probado con éxito dentro de la carrera de Agronomía en el contexto de la educación superior tecnológica en México, lo que no descarta su empleo en ambientes universitarios.

EXPERIENCIAS FORMATIVAS Y ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA: LA NUEVA EDUCACIÓN AGRÍCOLA

Fundamentos del modelo

Fundamento conceptual y epistémico de las actividades desarrolladas. Las estrategias y acciones emprendidas en el despliegue de la propuesta se sustentaron en los siguientes postulados teórico-metodológicos. 1) En el diseño instruccional denominado experto-aprendiz (novato). El experto modela y promueve a través de ello determinados saberes. 2) En el enfoque de aprendizaje por descubrimiento, individual y cooperativo-colaborativo. Centrado en las actividades que realiza el aprendiz a partir de las tareas y prácticas propuestas por el facilitador, mismas que el estudiante realiza en forma individual o en grupos pequeños, que son orientados hacia el aprendizaje por descubrimiento, así como a la solución de problemas abiertos (aprendizaje basado en problemas: habilidades de cuestionamiento y prueba sistemática de conjeturas provenientes de los estudiantes.). 3) En el arreglo de comunidades de aprendizaje. Cuyo enfoque sociocultural-lingüístico lleva a la participación conjunta de los estudiantes, quienes exponen y negocian sus experiencias colectivas (relevantes y auténticas). Se expresa desde el trabajo cooperativo, la desarticulación y reconstrucción del conocimiento. 4) En la cognición situada. La cual se concreta en una reorganización de representaciones, aunadas a procesos psicológicos, cognitivos y del pensamiento individuales, los que se sitúan frente a procesos sociales y culturales específicos (contextos significativos). Esto conlleva implicaciones dentro del modelo y su diseño instruccional que engloban situaciones de enseñanza presencial, asistida por materiales y recursos didácticos (tanto artefactos físicos como instrumentos semióticos o signos). 5) En el aprendizaje basado en problemas. Cuyo propósito es que el estudiante

alcance el entendimiento con respecto a una situación concreta de la realidad, la cual surge como producto de sus interacciones con el medio ambiente. Se busca además promover el conflicto cognitivo, dado que al enfrentar al estudiante a una nueva situación se logra estimular el aprendizaje. El estudiante debe aprender que el conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y aceptación de los procesos sociales, de la cual surge la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno. 6) El enfoque basado en competencias. Bajo la posición que define una competencia como un conjunto de comportamientos sociales y afectivos deseables, que acompañan el desarrollo de habilidades cognoscitivas, psicológicas, sensoriales y motoras que permiten concretar las exigencias de una profesión.

Diseño Metodológico. La validación del modelo se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG), Veracruz, México, el cual es una institución de nivel superior, dependiente de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST). El periodo de evaluación se efectuó de 2000 al 2011. La población objeto de estudio fue el total de estudiantes que cursaron el quinto semestre de la carrera de Ingeniería Agronómica ($\bar{X}=30 \pm 5$ por ciclo escolar), dentro de la materia de Diseños Experimentales.

La investigación que brindó sustento a las evidencias se catalogó como un Estudio de Caso, ya que se trató de una descripción y análisis detallado de una unidad social o entidad educativa, lo que supuso a su vez una comprensión profunda de la realidad singular, cuyo valor estribó en su capacidad para generar hipótesis y descubrimientos, así como su flexibilidad y aplicabilidad a situaciones naturales (Pérez-Serrano, 1994). Con base en esta perspectiva metodológica la técnica empleada para recabar datos fue la Observación Participante y el Análisis Situacional centrado en los principios de la Investigación-Acción. Con la finalidad de reducir las fuentes de invalidez propias de este tipo de estudios, se consideró cada etapa del proceso como una medición y se llevaron Bitácoras de Trabajo y Guías de Observación.

El diseño de los abordajes se realizó con base en el modelo de Hodson (1992) quien señala que la investigación en didáctica de las ciencias muestra que la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual y plantear la enseñanza de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica (que integre los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos), en la Figura 1 se muestran las estrategias desarrolladas sistemáticamente durante todo el proceso de gestión, coordinación y evaluación, las cuales se basan en la metodología indagatoria, considerada una herramienta coherente con la alfabetización científica (Buzzo-Garrao, 2007), sustentada en los criterios de exploración, conceptualización-generalización y aplicación, a partir de la experiencia concreta, que comienza con la observación y el análisis (¿Qué sucede actualmente? ¿Cuál es la relación entre el proceso y el resultado final?), se continúa con la conceptualización y luego la generalización (¿Por qué es relevante? ¿Qué se puede aprender de eso?), y concluye con el pensamiento acerca de cómo aplicar lo aprendido (¿Cómo y cuándo lo puedo utilizar?).

Para lograr lo anterior se estableció en cada curso un módulo de investigación (experimento de campo), el cual se constituyó en un aula dinámica donde se generaron las situaciones de aprendizaje y se efectuó la actividad constructiva de los estudiantes. La secuencia ordenada de prácticas pedagógicas y tareas didácticas intentaron en todo momento responder a una dinámica de reflexión, a través de la investigación establecida en dichos módulos experimentales (escenarios de aprendizaje), lo cual les llevó a contrastar sus preconcepciones con los datos empíricos recogidos durante la investigación de campo y manejados en gabinete. Como ya se señaló, dicho módulo permitió recrear continuas situaciones de aprendizaje, al modificar el concepto tradicional de aula (Figura 1).

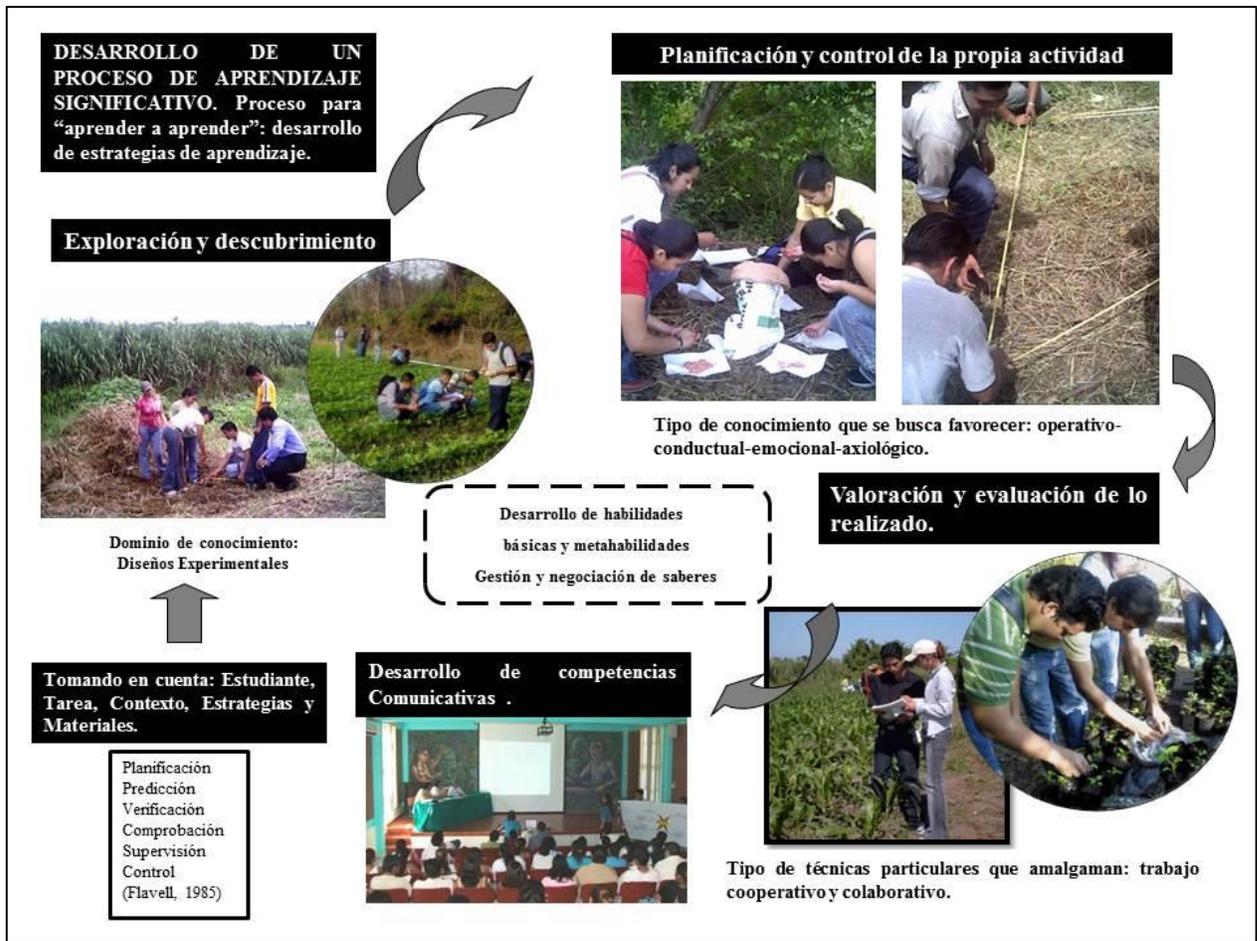


Figura 1. Desarrollo de un proceso de aprendizaje significativo para la formación científica del estudiante de la carrera de Ingeniería en Agronomía.

Las actividades permitieron asegurar el equilibrio entre la producción grupal y la indispensable responsabilidad individual en el trabajo colaborativo y cooperativo (dos de los principios básicos del constructivismo). El Cuadro 1 muestra las estrategias didácticas empleadas y recomendadas ampliamente para el logro de las metas propuestas.

Cuadro 1. Diseño instruccional y estrategias didácticas empleadas para formación científica y el desarrollo de competencias para la investigación experimental en ciencias agrícolas. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Ver., México.

ESTRATEGIAS		
Conceptuales	Procedimentales	Axiológicas
Identificación de los canales de aprendizaje.	Encuadre. Dinámica de reconocimiento y acercamiento. Presentación de material didáctico (escrito).	Elaboración de un contrato social. Establecimiento de las <i>reglas de oro</i> .
Análisis y reflexión en torno a los principios de la experimentación agrícola. Preguntas eje: ¿Qué sabes? ¿Qué piensas? ¿Qué esperas? Identificación de <i>saberes previos</i> .	Intercambio de experiencias. Proceso de retroalimentación. Evaluación de conocimientos, habilidades y actitudes previas en torno a la experimentación.	Identificación de percepciones y vivencias previas en torno al objetivo de la asignatura.
<p>La estrategia de mantener la dinámica interrogativa como base de la didáctica empleada, implicó una intensa negociación de saberes e intercambio de códigos lingüísticos, redefiniendo, a partir de la cognición situada, sus conceptos base, bajo la premisa de <i>que nada cambie para propiciar el cambio</i>. Dentro del contexto de las ideas y experiencias que el estudiante tuvo durante la fase exploratoria y de análisis efectuado en cada práctica, se mantuvo una intensa actividad de apoyo (aprendizaje guiado) a través de clases expositivas y demostrativas, de apoyo bibliográfico mediante el uso de material didáctico elaborado o seleccionado por el maestro, empleo de software y otros medios audiovisuales, en busca de que los estudiantes refinaran sus concepciones iniciales y construyan nuevos conceptos.</p> <p>Estas actividades, guiadas por preguntas claves o articuladoras (secuencia de preguntas que pueden guiar la reflexión de los estudiantes) que se hacen por parte del maestro-facilitador, ayudaron a que los estudiantes cuestionaran sus creencias y clarificaran concepciones equivocadas o difíciles de entender.</p> <p>El uso de analogías y metáforas resultó de suma importancia como estrategia de modelado metacognitivo.</p>	<p>Los estudiantes al manipular objetos, exploraron ideas, con lo que adquirieron una experiencia común y concreta. A los estudiantes se les pidió que establecieran relaciones, observaran patrones, identificaran variables y clarificaran su comprensión de conceptos y destrezas importantes, necesarias para el abordaje metodológico de las prácticas pedagógicas. Las cuales consistieron en:</p> <ol style="list-style-type: none"> Identificación de fuentes de variación en campo. Trazado y diseño de una parcela experimental. Determinación del tamaño y forma de las unidades experimentales. Diseño de tratamientos. Aplicación de tratamientos en campo. Manejo uniforme de las unidades experimentales. Determinación del efecto de orilla y parcela útil. Aplicación de la técnica de muestreo sistemático. Determinación y toma de variables de respuesta. Identificación de los criterios prácticos y científicos para determinar el uso del diseño más adecuado en campo. Toma de datos y análisis estadístico de los mismos. Realización y entrega de un informe de investigación. <p>Se pidió a los estudiantes que aplicaran lo que habían aprendido, solicitándoles predecir los resultados obtenidos en una nueva situación (transferencia). Estas <i>actividades de aplicación</i> también permitieron al maestro y al estudiante establecer el grado de dominio de los conceptos, procesos y destrezas definidos en los objetivos y metas de aprendizaje (lo que incluye elementos de auto-evaluación y coevaluación), a partir de la continua exploración y manipulación de los objetos de aprendizaje.</p>	<p>Los estudiantes se integraron en un colectivo o comunidad de aprendizaje y trabajaron en grupos pequeños. En un primer momento se mantuvo la constitución general del grupo, a fin de generar el sentido de pertenencia, <i>creando</i> el aula colaborativa, para después dividir el grupo en segmentos funcionales, sin perder de vista la meta, las tareas y la identificación del contexto. La anticipada tipificación de saberes previos y la integración de los estudiantes permitieron conjugar habilidades personales en torno al grupo y sus deberes académicos (aprendizaje cooperativo y colaborativo).</p>
<p>Como parte de las estrategias didácticas, los estudiantes de cada generación asistieron al menos a una reunión científica, simposio o panel de investigación, donde tuvieron la oportunidad de corroborar la aplicación práctica de los distintos diseños experimentales, analizarlos y discutirlos con los investigadores profesionales (modelo experto-aprendiz).</p>		

Una estrategia considerada como básica y de cierre dentro de la secuencia didáctica, fue la entrega de un informe pormenorizado de las actividades desarrolladas a lo largo de cada curso. Este informe, definitorio para la evaluación, se ajustó en su estructura a los lineamientos del Método Científico y estuvo basado en el acopio continuo de evidencias de desempeño por parte de los estudiantes, las cuales se complementaron con la resolución constante de problemas de estadísticas planteados y registrados por el maestro (portafolio o carpeta de evidencias).

La mediación y sus interpretaciones

Como se puede observar, la secuencia ordenada de acciones estuvo encaminada al desarrollo de competencias científicas en el estudiante aprendiz. Más allá de las controversias que este concepto promueve en el ámbito educativo, lo relevante es no perder de vista que se trata de promover un aprendizaje significativo, que al situarse en un escenario dinámico e incluyente, puede derivar en múltiples posibilidades de acción, no siempre predecibles por el maestro. Esto debe ser aprovechado en beneficio de las metas propuestas por el colectivo y por el mismo programa de estudios. Condición que exige un mínimo nivel de formación docente, de experiencia en la investigación y de pericia metodológica por parte del maestro. Aquí yace uno de los requisitos básicos del modelo, que debe derivar en un programa de formación didáctica para la ciencia y la investigación dentro de los planteles de educación agrícola, tanto en el nivel superior como de posgrado, ya que si bien ser un investigador activo es un requisito para enseñar ciencia, ello no basta para lograr la alfabetización científica de los estudiantes, menos aún para promover su educación integral.

Adicionalmente se debe destacar que el abordaje se centró en el aserto que define la génesis del pensamiento en torno a las preguntas que se formulan, y no a los hechos como tradicionalmente se admite. Son estas preguntas las que orientan el derrotero a seguir en el marco de la intervención que el estudiante habrá de realizar dentro de los escenarios de aprendizaje. Para ello se espera que, bajo el modelado del maestro, los estudiantes brinden continuidad a la serie de interrogantes que dinamicen el proceso de aprender. Si dichas preguntas incluyen un componente crítico, propositivo, analítico y reflexivo, deben ser consideradas como indicadores para la evaluación integral, en virtud de que son

generadoras de nuevas competencias, lo que coadyuva a las estrategias trazadas por el maestro.

Como es fácil advertir, la propia dinámica interrogativa facultó un mayor nivel y profundidad en la comunicación establecida dentro de los colectivos, así como la ya señalada gestión y negociación de saberes, el andamiaje y la eventual transferencia de conocimientos. De muchas maneras este enfoque rompió con la linealidad propia del pensamiento positivista, el cual ha infiltrado los ámbitos de la educación científica, particularmente en el campo de la agronomía.

Se trató de abonar al pensamiento heurístico, sin renunciar a los algoritmos que tanto se han cuestionado desde estas perspectivas modélicas. Negar la necesidad de desarrollar en el estudiante las habilidades de abstracción, de razonamiento, de orden lógico en los pensamientos, de sistematización de las ideas y los procedimientos sería un contrasentido si de ciencia se trata. La heurística propuesta impulsó a los estudiantes a la búsqueda permanente de situaciones problemáticas, de soluciones nunca únicas, en una actitud proactiva e interactiva, sostenida por el autoaprendizaje y la necesidad de encontrar por sí mismos aquellas reglas que hacen posible la asociación entre teoría y práctica, que pusieron en evidencia el desarrollo de operaciones intelectuales superiores.

Como respaldo a las acciones emprendidas por los estudiantes, el maestro debe, como en este caso, proveerlos de los medios auxiliares heurísticos (materiales, equipos y artefactos en general), así como promover el empleo de analogías y metáforas encaminadas a recrear los principios de generalidad, inducción, movilidad y modelación, por citar algunos, lo que significa colocarlos en condiciones de aprendizaje (Figura 2). El criterio es aprovechar las distintas formas de aprender (descubrimiento, transmisión-recepción, repetición, etc.), sin decantarse por una de ellas; para ello se pensó en términos de estrategias de enseñanza y no de modelos para la enseñanza.



Figura 2. Escenarios de aprendizaje y desarrollo de metahabilidades para el trabajo científico en estudiantes de la carrera de agronomía del IT de Úrsulo Galván.

A diferencia de las distintas voces que proclaman la enseñanza-aprendizaje de las ciencias exclusivamente a partir de la solución de problemas, a través de organizar unidades didácticas articuladas básicamente como colecciones de problemas, seleccionados con sumo cuidado y ordenados en secuencias que aspiran a conseguir el aprendizaje significativo, bajo evaluaciones que testimonian el rendimiento académico, en la presente propuesta se proyectó que los estudiantes construyeran una concepción del mundo más cercana a la concepción que poseen los científicos, lo cual como ya se indicó líneas atrás convoca al cambio conceptual y al aprendizaje por investigación. Sólo que en este caso sin recurrir exclusivamente a los contraejemplos, la falsación simple o la disonancia cognitiva, tan empleados en estas orientaciones. La idea fue diversificar las estrategias y aprovecharlas para fomentar la metacognición. Esto demandó que el maestro supiera cómo se construye el conocimiento científico. Es decir, para lograr que el estudiante aprendiz desarrolle la capacidad de observar, clasificar, comparar, medir, describir, organizar coherentemente la información, predecir, formular inferencias e hipótesis, interpretar datos, elaborar modelos, y obtener conclusiones, primero debe saber hacerlo el maestro. Al final nadie da lo que no tiene.

Como apoyo al proceso, los estudiantes llevaron un diario de campo, que a manera de bitácora permitió registrar sus logros, experiencias de campo y avances en el proceso de construir el pensamiento científico. De esta manera tanto el maestro como el estudiante pudieron monitorear los cambios, reorientarlos y evaluarlos.

Todo lo anteriormente explicitado llevó a reducir la brecha existente entre la ciencia escolar y la ciencia profesional, abismo que se explica por el distanciamiento que hay entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y el modo en que se construye el conocimiento científico, lo que para muchos especialistas es el mayor problema a enfrentar en el proceso de formar al novel investigador.

CONCLUSIONES

En todos los casos se alcanzó con éxito el objetivo de alfabetizar científicamente a los estudiantes, al integrar al colectivo en torno a intereses y metas comunes, vinculadas a su formación científica.

Las estrategias desplegadas dentro de los módulos permitieron promover los siguientes logros de aprendizaje en el estudiante: a) definir términos y conceptos, identificar pistas y delimitar problemas; b) identificar necesidades de aprendizaje individual y colectivo sobre lo que se iba a investigar; c) identificar las necesidades individuales transformándolas en objetivos de aprendizaje, los cuales debían tener relación con los objetivos del grupo y del programa de estudios; d) desarrollar habilidades de pensamiento crítico y creativo; e) fomentar la toma de decisiones en situaciones inéditas; f) desarrollar el aprendizaje auto-dirigido y autónomo; g) buscar, identificar, seleccionar y analizar información necesaria para el abordaje del problema; h) desarrollar habilidades comunicativas; i) fomentar la habilidad para trabajar de manera colaborativa y cooperativa; j) desarrollar la capacidad de empatía y tolerancia; k) promover la confianza para expresarse en público; l) impulsar la habilidad para identificar las propias fortalezas y debilidades (inteligencia emocional); ll) aprender a coevaluarse y autoevaluarse.

La participación dentro de los módulos se mantuvo siempre constante (95 por ciento de los integrantes del grupo), realizándose el 100 de las actividades programadas. Un informe final solicitado en torno a las actividades realizadas dentro de los módulos experimentales

permitió verificar los avances alcanzados en cuanto a la cognición y metacognición lograda, a la postura reflexiva y al pensamiento crítico. El informe incluyó además el análisis, interpretación y conclusiones extraídas de las prácticas efectuadas, lo que dejó entrever el grado de negociación de saberes alcanzado por cada colectivo. Esto en la medida en que se permitió cierto nivel de libertad en el formato, sin perder el rigor metodológico que la escritura científica demanda.

La integración dentro de eventos científicos (seminarios, simposios, etc.) condujo a reforzar los conocimientos adquiridos, al permitir que los estudiantes accedieran a un escenario de aprendizaje más amplio e incluyente, donde fue posible apropiarse de nuevos constructos y conceptos vinculados a la ciencia y la tecnología, lo que convirtió a la experiencia académica en una vivencia que dio significado a los aprendizajes adquiridos. Adicionalmente se debe destacar la integración de nuevos códigos lingüísticos y semánticos, los cuales fueron reforzados a través del grado de comunicación alcanzado dentro de estos eventos. Se destaca el hecho de que, posterior al curso, el 80% de los estudiantes se relacionaron de alguna manera con actividades científicas (servicio social, residencias profesionales, posgrados), lo cual otorgó significado a la presente propuesta. Es decir, buscaron mantenerse dentro de los escenarios y experiencias científicas y de investigación.

El nivel de reprobación fue reducido de un 30% a niveles de 5% al final de cada experiencia académica. La estrategia de concebir la mediación didáctica del maestro como un acompañamiento permanente a lo largo de todo el proceso, en calidad de maestro mediador, permitió romper con el tradicional esquema conductista que suele orientar la formación científica del aprendiz de ciencia, sin que ello significara abandonar la responsabilidad de conducir eficazmente las dinámicas de aprendizaje, al respetar el esquema experto-aprendiz.

Por último, se destaca la definición de un modelo de sostenibilidad en torno a la alfabetización científica del estudiante (educación en la vida, para la vida y de por vida), bajo la cual se identifican con claridad los criterios, indicadores y unidades de medida que definen a la educación integral-holista (Cuadro 2).

Cuadro 2. Indicadores de sustentabilidad para la formación científica del estudiante de la carrera de Agronomía

	Criterios	Indicadores	Unidad de Media
Educación Integral	Aprender a aprender	Desarrollo de habilidades metacognitivas. Desarticulación-reconstrucción de saberes. Construcción de redes semánticas y códigos lingüísticos. Autorregulación (aprendizaje sistemático y regulable).	Empleo del pensamiento analógico y metafórico. Transito del razonamiento cotidiano al razonamiento científico. Formulación de preguntas a partir de ideas previas.
	Aprender a hacer	Desarrollo de metahabilidades metodológicas-heurísticas.	Despliegue de estrategias heurísticas. Habilidades presentes en cada tarea: 1) recopilar información; 2) dar sentido a la información (procesarla); 3) diseñar, aplicar y evaluar estrategias de acción en situaciones concretas.
	Aprender a ser	Desarrollo de habilidades intra e interpersonales.	Regulación y autorregulación del comportamiento (sujeto que participa de forma consciente y activa en la determinación de su comportamiento).
	Aprender a convivir	Desarrollo de habilidades sociales. Nivel de empatía, autocontrol (evaluación y regulación de la comprensión). Automotivación para el aprendizaje.	Inactividad-actividad-reactividad-proactividad e interactividad.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones generales para ser un buen mediador didáctico:

1. Seleccione las tareas a desarrollar en función a la meta, a los mejores escenarios de aprendizaje disponibles, contenidos, materiales y objetos de aprendizaje.
2. Asegúrese de que el estudiante registre la nueva información puesta a su disposición.
3. Cuestione al estudiante a través de preguntas mediadoras o de enlace, que le lleven a ir más allá de lo evidente al descartar lo superficial.
4. Enfatique en la relación entre la nueva tarea y contenidos previos de los estudiantes, así como en los logros que se realizan y/o adquirieren con las actividades.
5. Anime a los estudiantes a resolver los problemas presentes.
6. Modele comportamientos tanto como estrategias.
7. Cambie de modalidad y situaciones de aprendizaje con la mayor frecuencia posible.
8. Promueva la retroalimentación de manera constante.
9. Tome en cuenta las propuestas de los estudiantes.
10. Dele significado y valor a los resultados, tanto como al proceso

Finalmente no se debe pasar por alto que para ser maestro de ciencias se requiere actitud, además de formación disciplinar y preparación didáctica. Ser un buen investigador no convierte de facto a una persona en un buen maestro, ni viceversa.

Bibliografía

- Alcalay, L. & Simonetti, F. (1992). VSU: un programa para incrementar habilidades de razonamiento deductivo a través de experiencias cognitivas. *Revista Psykhe UC*, 11, 81-90.
- Brown, A. L., Campione, J.C., & Day, J.D. (1981). Learning to learn: on training student to learn from texts. *Educational Research*, 10, 14-21.
- Buzzo-Garrao, R. (2007). Proyecto MECIBA. La metodología indagatoria como herramienta coherente con la alfabetización científica. [Documento en PDF]. Recuperado de: <http://www.efis.ucr.ac.cr/varios/ponencias/4proyecto%20meciba.pdf>
- Coll, C., Colomina, R., & Onrubia, J. (1995). Actividad conjunta y habla: una aproximación al estudio de los mecanismos de influencia educativa. Madrid: Siglo XXI.
- Coll, C., Mauri, T. & Onrubia, J. (2006). Análisis y resolución de casos-problema mediante el aprendizaje colaborativo. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. 3 (2), 29-41.
- Fensham, P. J. (1985). Science for all: a Reflective Essay. *Journal of Curriculum Studies*, 4 (17), 415-435.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring. *American Psychologist*, 34, (10), 906-911.
- Flavell, J. H. (1985). *Cognitive Development*. London: Prentice Hall.
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936.
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.

- Gil-Pérez D. & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*. 42, 31-53.
- Pépin, Y. (1998). Practical Knowledge and School Knowledge: A Constructivista Representation of Education. *Constructivism and Education*. 173-192.
- Pérez-Serrano, G. (1994). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. Madrid: Métodos.
- Reeve, R. A. & Brown A. L. (1985). Metacognition Reconsidered: Implications for intervention research. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 13 (3), 343-356.
- Vázquez, A., Manassero, M. A. & Acevedo, J. A. (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90 (4), 681-706.
- Victorino, R. L. & A. Quispe-Limaylla, A. (1998). La educación agrícola hoy. *Ciencia y Desarrollo CONACYT*, 141, 5-11.
- Villarruel, F.M. (2002). La Investigación Científica como actividad social y su impacto en los espacios académicos. *Revista Mexicana de Pedagogía*. 13 (66), 10-15.